MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION
****
SECRETARIAT GENERAL
****
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
Institut : IEFTP

Filière : CAPET DIRECT

Année académique : 2025-2026

Enseignant : Dr BAGRE

BURKINA FASO

La Patrie ou la Mort, nous Vaincrons

Koudougou, le 11 Mai 2026

RAPPORT DE TRAVAUX

N°	NOM	PRENOM(S)
1	SABA	Bassirou
2	IBRANGO	Ruth
3	IDO	Ismaël
4	PAGBELEM	Issa
5	PARE	Arnault Willy S. L

INTRODUCTION

Face à l’augmentation des besoins énergétiques et aux défis liés à l’accès à l’électricité, les énergies renouvelables occupent aujourd’hui une place importante dans le développement des pays africains, notamment au Burkina Faso. Parmi ces énergies, le solaire photovoltaïque constitue une solution efficace, propre et adaptée aux conditions climatiques du pays grâce à l’abondance du rayonnement solaire.

Dans le cadre du cours d’installation des systèmes solaires photovoltaïques, nous avons réalisé des travaux pratiques portant sur l’étude et la manipulation d’une installation photovoltaïque comprenant des charges en courant continu (DC) et en courant alternatif (AC), un onduleur, un module photovoltaïque ainsi qu’un système de pompage solaire. Ces manipulations nous ont permis de mieux comprendre le fonctionnement des différents composants d’un système photovoltaïque et les techniques de raccordement des équipements.

Par ailleurs, une visite technique des salles et champs photovoltaïques de l’Université Norbert Zongo a été effectuée afin d’observer les installations réelles, les équipements de conversion et de protection ainsi que les méthodes de gestion de l’énergie produite.

L’objectif de ce rapport est de présenter les différentes manipulations réalisées, de décrire les équipements utilisés et d’analyser le fonctionnement général d’une installation photovoltaïque appliquée à l’alimentation des charges électriques et au pompage solaire. Pour le professeur stagiaire, ces travaux pratiques représentent un double défi : ils constituent à la fois un espace de renforcement des compétences techniques et un laboratoire de didactique. L'objectif est de s'approprier les concepts de conversion d'énergie pour être capable de les transmettre avec clarté, rigueur et pédagogie

I. Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.1 Définition d’un système photovoltaïque

Une installation solaire photovoltaïque est un système de production d’énergie électrique utilisant le rayonnement solaire comme source principale d’énergie. Cette énergie est captée par des modules photovoltaïques qui transforment directement l’énergie solaire en énergie électrique sous forme de courant continu (DC). Le système photovoltaïque peut être utilisé pour alimenter plusieurs types d’équipements électriques tels que l’éclairage, les appareils électroménagers, les systèmes de pompage d’eau ou encore les installations industrielles. Dans certains cas, le courant continu produit par les panneaux est converti en courant alternatif (AC) grâce à un onduleur afin d’alimenter des charges fonctionnant en courant alternatif. Les installations photovoltaïques jouent aujourd’hui un rôle important dans la production d’énergie propre et renouvelable, particulièrement dans les zones rurales où l’accès au réseau électrique est limité.

I.2 Composition d’un système photovoltaïque

Une installation photovoltaïque est constituée de plusieurs éléments qui assurent la production, le stockage, la conversion et la distribution de l’énergie électrique. Selon le cours, les principaux composants sont les suivants : les modules photovoltaïques, le régulateur de charge, le système de stockage, l’onduleur et les câbles électriques.

I.2.1 Les modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques constituent l’élément principal du système. Ils captent le rayonnement solaire et le convertissent en énergie électrique grâce à l’effet photovoltaïque. Les modules doivent être installés dans un endroit bien dégagé afin de recevoir le maximum d’ensoleillement possible. Leur orientation et leur inclinaison influencent fortement la production énergétique. Au Burkina Faso, les panneaux photovoltaïques doivent être orientés plein Sud avec une inclinaison

d’environ 15°. Le champ photovoltaïque doit également être installé dans une zone sans ombrage afin d’éviter les pertes de production.

I.2.2 Le régulateur de charge

Le régulateur de charge est un dispositif électronique placé entre les panneaux photovoltaïques et les batteries. Son rôle principal est de contrôler la charge et la décharge des batteries afin de les protéger contre les surcharges et les décharges profondes. Le régulateur améliore la durée de vie du système de stockage et garantit le bon fonctionnement de l’installation photovoltaïque.

I.2.3 Le système de stockage

Le système de stockage est constitué généralement de batteries qui permettent d’emmagasiner l’énergie produite pendant les périodes d’ensoleillement pour une utilisation ultérieure. Les batteries assurent l’alimentation des charges lorsque l’ensoleillement est insuffisant ou pendant la nuit. Elles jouent donc un rôle essentiel dans les installations photovoltaïques autonomes.

I.2.4 L’onduleur

L’onduleur est un convertisseur électrique qui transforme le courant continu (DC) produit par les panneaux ou stocké dans les batteries en courant alternatif (AC). Ce courant alternatif peut alors alimenter les appareils domestiques et industriels fonctionnant en AC. L’onduleur constitue un élément indispensable dans les installations comportant des charges alternatives.

I.2.5 Les charges AC et DC

Les charges électriques représentent les équipements alimentés par le système photovoltaïque.

- Les charges DC fonctionnent directement avec le courant continu produit par les panneaux ou les batteries ;
- Les charges AC nécessitent un courant alternatif fourni par l’onduleur.

Au cours des travaux pratiques, nous avons manipulé un tableau comportant des charges AC et DC afin d'observer le fonctionnement des différents circuits électriques et les modes d'alimentation.

I.2.6 Les câbles et protections électriques

Les câbles assurent le transport de l'énergie électrique entre les différents composants du système photovoltaïque. Leur qualité et leur section doivent être correctement choisies afin de limiter les pertes d'énergie et garantir la sécurité de l'installation. Les dispositifs de protection tels que les fusibles, les disjoncteurs et les parafoudres permettent de protéger les équipements contre les surtensions, les courts-circuits et les surcharges électriques.

I.3 Conditions d'une bonne installation photovoltaïque

La performance d'une installation photovoltaïque dépend de plusieurs paramètres importants. Selon le cours, une bonne installation repose notamment sur :

- La qualité des composants ;
- Le bon emplacement du champ photovoltaïque ;
- L'orientation et l'inclinaison des panneaux ;
- La qualité du câblage ;
- La compétence du personnel d'installation

Le choix du site d'installation doit tenir compte de l'absence d'ombrage, de la résistance du support et de la sécurité du système. Une mauvaise qualité des composants peut entraîner :

- Une baisse de la production énergétique ;
- Une réduction de la durée de vie de l'installation ;
- Une augmentation des coûts de maintenance

I.4 Importance des systèmes photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques présentent plusieurs avantages dans le domaine énergétique et environnemental. Ils permettent :

- La production d'une énergie propre et renouvelable ;
- La réduction de la pollution environnementale ;
- L'alimentation des zones isolées ;

- Le développement des systèmes de pompage solaire pour l'agriculture et l'approvisionnement en eau.

Au Burkina Faso, l'énergie solaire constitue une solution efficace pour améliorer l'accès à l'électricité et réduire la dépendance aux énergies fossiles.

Cette partie a permis de présenter les généralités sur les systèmes photovoltaïques ainsi que les différents composants intervenant dans leur fonctionnement. Les connaissances théoriques acquises constituent une base importante pour comprendre les manipulations pratiques réalisées lors des travaux sur les charges AC/DC, l'onduleur, le module photovoltaïque et le système de pompage solaire.

I- Description du matériel et des manipulations réalisées

II.1 Présentation du système photovoltaïque étudié tableau expérimental

Le système expérimental comprenait principalement un panneau photovoltaïque, un régulateur MPPT, deux batteries de stockage et un onduleur.

L'objectif principal de cette manipulation était de comprendre :

- ✓ Le fonctionnement des différents composants d'une installation photovoltaïque ;
- ✓ Le raccordement des équipements ;
- ✓ La production et la conversion de l'énergie électrique ;
- ✓ L'alimentation des charges AC et DC ;
- ✓ Le fonctionnement d'un système de pompage solaire.

Le système étudié était constitué des éléments suivants :

- Un panneau photovoltaïque de 240 W / 24 V ;
- Un régulateur de charge MPPT ;
- Un onduleur de 24 V ;
- Deux batteries de 12 V ;
- Des charges AC et DC ;
- Un tableau de raccordement et de protection.

II.2 Description des équipements utilisés

II.2.1 Le panneau photovoltaïque

Le panneau photovoltaïque est l'élément principal du système solaire. Il permet de transformer le rayonnement solaire en énergie électrique grâce à l'effet photovoltaïque. Le module utilisé pendant les travaux pratiques possédait les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques	Valeurs
Puissance maximale	240W
Tension nominale	24V
Type de courant produit	Courant continu DC

Selon le cours, les panneaux photovoltaïques doivent être installés dans une zone sans ombrage afin d'obtenir le maximum de rayonnement solaire possible.

Au Burkina Faso, les panneaux photovoltaïques sont généralement orientés plein Sud avec une inclinaison d'environ 15°.

II.2.2 Le régulateur de charge MPPT

Le régulateur est un composant électronique placé entre le panneau photovoltaïque et les batteries. Son rôle est de contrôler la charge des batteries et de protéger le système contre :

- Les surcharges ;
- Les décharges profondes ;
- Les surtensions.

Le système utilisé disposait d'un régulateur de type MPPT (Maximum Power Point Tracking)

II.2.3 Les batteries de stockage

Le système de stockage utilisé était constitué de deux batteries de 12 V.

Les batteries permettent de stocker l'énergie produite par le panneau photovoltaïque afin d'alimenter les charges lorsque l'ensoleillement est insuffisant ou pendant la nuit. Les deux batteries de 12 V ont été associées en série afin d'obtenir une tension totale de 24 V adaptée au fonctionnement de l'onduleur et du système photovoltaïque.

Dans un montage en série : les tensions s’additionnent mais la capacité reste identique.
Ainsi le système de batteries fournissait donc une tension de 24 V.

II.2.4 L’onduleur 24 V

L’onduleur est un appareil électronique permettant de convertir le courant continu (DC) provenant des batteries en courant alternatif (AC). L’onduleur utilisé pendant les travaux pratiques fonctionnait sous une tension d’entrée de 24 V.

II.3 Description des charges AC et DC

Lors des manipulations, le tableau électrique comprenait des charges en courant continu (DC) et des charges en courant alternatif (AC)

II.4 Mesures sur un module photovoltaïque

Ce travail pratique a consisté à réaliser des mesures électriques sur un module photovoltaïque afin d’étudier son comportement dans différentes conditions de fonctionnement. Les mesures effectuées concernent :

- Le courant de court-circuit (Icc),
- La tension à vide (Voc),
- L’influence de l’ombrage,
- Le fonctionnement du module avec une charge.

L’objectif est de comprendre l’effet de l’ensoleillement, de la température et de l’ombrage sur les performances du panneau solaire.

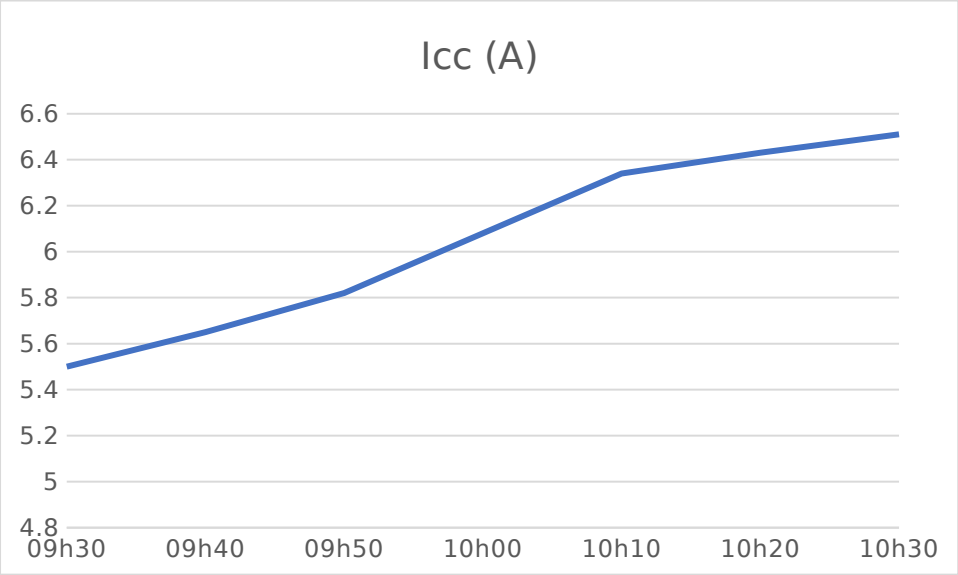
Mesures avec et sans ombrage

Mesures avec charge

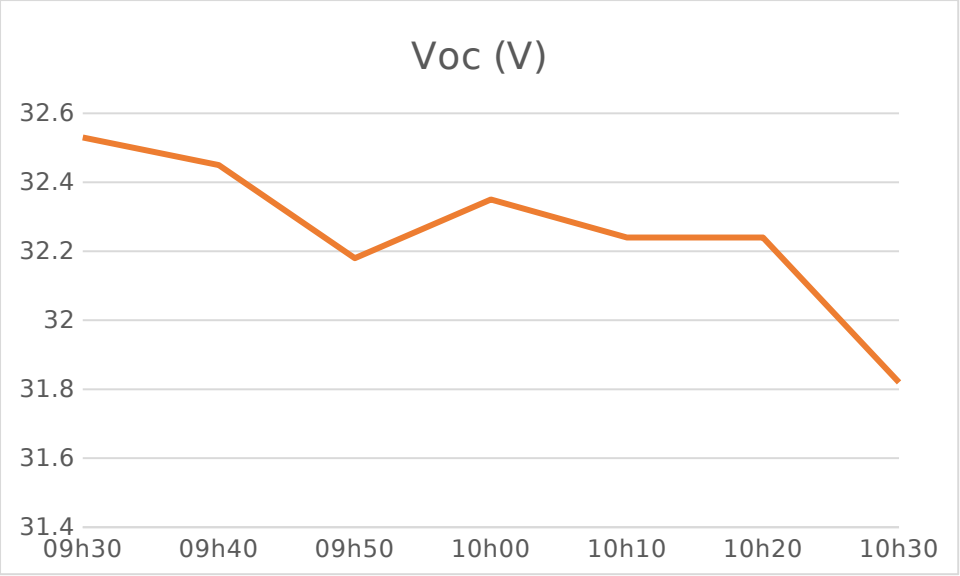
II.4-1 Tableau des mesures de (Icc) et (Voc)

Heure	Icc (A)	Voc (V)
09h30	5,50	32,53
09h40	5,65	32,45
09h50	5,82	32,18
10h00	6,08	32,35
10h10	6,34	32,24
10h20	6,43	32,24
10h30	6,51	31,82

II.4-2. Courbes des mesures



Courbe du courant (Icc)



Courbe de la tension (Voc)

II.4-13. Interprétation des résultats

Les résultats montrent que le courant de court-circuit (Icc) augmente progressivement avec le temps. Cette augmentation est due à l'intensification de l'ensoleillement pendant la matinée. En effet, plus le rayonnement solaire reçu par le panneau est important, plus le courant produit augmente.

La tension à vide (Voc) reste presque constante autour de 32 V. Cependant, une légère diminution est observée vers 10h30. Cette baisse est liée à l'augmentation de la température du module photovoltaïque. Lorsque la température du panneau augmente, la tension diminue légèrement.

Ainsi :

- Le courant dépend fortement de l'irradiation solaire ;
- La tension dépend principalement de la température ;
- Le panneau fonctionne normalement selon les caractéristiques des modules photovoltaïques.

II.4-4. Mesures avec et sans ombrage

Condition	Icc (A)	Voc (V)
Sans ombrage	7,32	31,84
Sans ombrage	7,18	31,76
Sans ombrage	7,40	31,91
Avec ombrage	2,10	30,95
Avec ombrage	1,82	30,64
Avec ombrage	1,45	30,28

II.4-5. Interprétation des mesures avec ombrage

Les mesures effectuées montrent qu'en absence d'ombrage, le panneau fournit un courant élevé supérieur à 7 A, ce qui indique un bon fonctionnement du module sous un fort ensoleillement.
Lorsqu'un ombrage est appliqué sur le panneau, le courant chute fortement jusqu'à environ 1,45 A. Cela signifie que l'ombrage réduit considérablement la production d'énergie du module photovoltaïque.
Par contre, la tension varie très peu malgré l'ombrage. Elle reste proche de 30 V. Cela montre que l'ombrage influence principalement le courant et beaucoup moins la tension.
Ces résultats prouvent que :

- Une petite ombre peut provoquer une forte perte de puissance ;
- L'installation des panneaux doit éviter toute zone d'ombre ;
- Le courant est le paramètre le plus sensible à l'ombrage.

II.4-6. Mesures avec charge

Charge	Tension U (V)	Courant I (A)
Charge faible	18,2	1,45
Charge moyenne	17,5	1,82

Charge élevée	16,8	2,14

II.4-7. Interprétation des mesures avec charge

Lorsque le panneau alimente une charge, la tension et le courant changent selon la puissance demandée.
On observe que :

- Le courant augmente lorsque la charge devient plus importante ;
- La tension diminue légèrement pendant ce temps.

Cela correspond au fonctionnement normal d’un module photovoltaïque sous charge. En effet, le panneau ne fonctionne plus à sa tension à vide (Voc), car une partie de l’énergie est utilisée pour alimenter la charge.
Ces résultats montrent que :

- Le panneau adapte son fonctionnement selon la charge connectée ;
- Plus la charge consomme du courant, plus la tension baisse ;
- La puissance fournie dépend simultanément de la tension et du courant.

II.5 Description du système de pompage solaire

Le système étudié comprenait également un dispositif de pompage solaire.
Objectif du TP : Étudier le comportement d'un système de pompage "au fil du soleil".
Problématique : Comment l'intermittence solaire influence-t-elle le rendement hydraulique d'une pompe de surface 24V ?
Présentation du matériel : Panneau monocristallin 450 Wc, pompe de surface DC 24V, contrôleur (si présent), cuve de mesure.
Protocole Expérimental et Montage
Schéma de câblage : Description de la liaison série/parallèle (ici direct ou via contrôleur).
Nous avons utilisé un module de 450 Wc donc ne nécessitant pas de branchement série-parallèle

La pompe Solaire

Le contrôle

II-5-1. Conditions de l'essai :

Lieu : IEFTP/ENS

Date : 11/05/2026

Inclinaison du panneau : 15°

Orientation : Sud vrai

Sécurité : Rappel des EPI (gants, lunettes) et des précautions liées à l'amorçage de la pompe de surface.

II-5-1. Résultats et Mesures

Présenter les données sous forme de tableau :	
Ensoleillement : Koudougou (5,3kWh/m^2 /jour)	
Heure	Débit (m^3/h)
12 :00	2,5

III- Principe de fonctionnement du système photovoltaïque hybride et manipulations réalisées

III.1 Présentation du système hybride étudié

Le système repose sur une architecture fonctionnant sous une tension de 24 V. Ce choix présente plusieurs avantages techniques, notamment la réduction des pertes d'énergie dans les conducteurs électriques. L'originalité de ce montage réside dans sa capacité à gérer deux types de courants simultanément. Le système repose sur une architecture en tension 24V, ce qui réduit les pertes par effet Joule ($P=R\cdot I^2$) par rapport à un système 12V.

III.2 Gestion du système de stockage

III.2.1 Constitution du banc de batteries

Le système de stockage était constitué de deux batteries de 12 V montées en série afin d’obtenir une tension totale de 24 V adaptée au fonctionnement de l’installation (le pôle positif de l'une relié au pôle négatif de l'autre).
Capacité : Elle reste identique à celle d'une seule batterie, mais l'énergie totale stockée (Wh) est doublée.
Reconnaissance automatique : Le régulateur doit être branché aux batteries avant les panneaux pour identifier la tension système et configurer ses seuils de protection.

III-3. Le Régulateur et les Charges DC (24V)

Le régulateur agit comme un robinet intelligent entre les panneaux et les batteries. Protection LVD (Low Voltage Disconnect) : Si la batterie descend sous un certain seuil (ex : 22.2V), le régulateur coupe les charges DC pour éviter une décharge profonde irréversible.
Branchement : Les charges DC (lampes, petits moteurs) sont branchées sur la sortie "LOAD" du régulateur.

III-4. L’onduleur et les Charges AC (230V)

L’onduleur transforme le courant continu (DC) des batteries en courant alternatif (AC) sinusoïdal.
Point de connexion crucial : Contrairement aux charges DC, l’onduleur se branche directement sur les bornes de la batterie. Pourquoi ? Parce qu'un appareil AC au démarrage peut demander un pic de courant que le port "LOAD" du régulateur ne pourrait pas supporter sans griller.

III-5. Consignes de Sécurité et Maintenance

Ordre de déconnexion : Lors du démontage, débranchez les panneaux solaires en premier pour éviter que le régulateur ne cherche à envoyer du courant dans un circuit ouvert sans batterie.
Entretien : Vérifiez la propreté des bornes des batteries pour éviter les résistances de contact qui faussent les mesures de tension du régulateur.

Nettoyer les panneaux pour les débarrasser de la poussière

Dépannage : resserrage des fils du disjoncteur ; repérage des câbles ; rétablissement de l'Energie au niveau des prises ains que des lampes.

IV-VISITE DE SYSTEME SOLAIRE ONGRID

1. Introduction

Contexte du TP : visite des systèmes solaires on-grid de l'UNZ

Objectifs de la visite : compréhension du fonctionnement d'un système ongrid et identification des composants.

2. Présentation Générale du Système

Type de centrale : Système solaire (on-grid) avec stockage.

Localisation : Université Norbert Zongo (Koudougou, Burkina Faso).

Puissance totale installée : 26.6 kWc pour le premier site et 22.4kWc pour le second

Nombre de système visité : 2

3. Description Technique des Composants (Développement)

Champ Photovoltaïque :

95 modules de 280 Wc installés sur une structure de type hangar pour le premier site.

80 modules de 330 Wc installés sur une structure de type hangar pour le second site.

La Gestion DC : Coffret de protection avec deux trackers MPPT, interrupteurs-sectionneurs et parafoudres.

La Conversion (Onduleurs) : Un onduleur principal SMA de 25 kVA et trois onduleurs SMA de 6 kVA en architecture maître-esclaves.

Le Stockage : Banc de 24 batteries stationnaires OPzV (2 V chacune) pour une capacité totale de 2060 Ah (C10).

Distribution et Monitoring : Système de supervision SMA Data Manager M et inverseur manuel pour basculer sur le réseau SONABEL en cas de besoin.

4. Analyse du Fonctionnement et de l'Exploitation

Principe de transformation de l'énergie (Solaire → DC → AC).

Nous avons constaté un local technique non climatisée et non aérée qui est néfaste pour la survie des équipements sensibles.

5. Synthèse des Actions de Maintenance nécessaire

Nettoyage hebdomadaire face à la poussière sahélienne.

Inspections visuelles et contrôles électriques réguliers.

Système solaire (on-grid) avec stockage

Le Stockage

CONCLUSION

Ces travaux pratiques ont permis d'approfondir la maîtrise du pompage solaire, de l'électrification autonome et des systèmes on-grid. Ils soulignent que la performance des installations dépend d'une gestion rigoureuse de la conversion d'énergie et du stockage. Enfin, la pérennité de ces systèmes en milieu sahélien exige une maintenance stricte, notamment le nettoyage régulier des modules et l'optimisation thermique des locaux techniques.